



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 61 428 A1 2004.07.22

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 61 428.8  
(22) Anmeldetag: 30.12.2002  
(43) Offenlegungstag: 22.07.2004

(51) Int Cl. 7: H01L 33/00

(71) Anmelder:  
OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93049  
Regensburg, DE

(72) Erfinder:  
Braune, Bert, 93173 Wenzelbach, DE; Bogner,  
Georg, 93138 Lappersdorf, DE

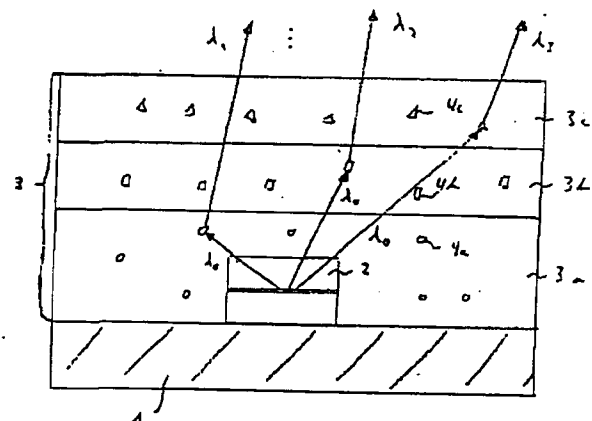
(74) Vertreter:  
Epping Hermann Fischer,  
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Strahlungsemitierendes Halbleiter-Bauelement mit mehrfachen Lumineszenz-Konversionselementen

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein strahlungsemitierendes Halbleiter-Bauelement mit einem Halbleiterkörper (2), der Strahlung mit einer Wellenlänge  $\lambda_0$  emittiert, wobei dem Halbleiterkörper (2) in Abstrahlungsrichtung eine Mehrzahl von Schichten (3) nachgeordnet ist, die jeweils mindestens ein Lumineszenz-Konversionselement (4) enthalten, das bei Anregung mit der Wellenlänge  $\lambda_0$  Strahlung einer anderen Wellenlänge emittiert. Die Schichten sind von nacheinander angeordnet, daß jeweils die Wellenlänge der von dem Lumineszenz-Konversionselement (4) einer Schicht emittierte Strahlung größer ist als die Wellenlänge der von dem Lumineszenz-Konversionselement (4) der in Abstrahlrichtung nachfolgenden Schicht emittierten Strahlung.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein strahlungsemitte-  
rendes Halbleiter-Bauelement mit mehrfachen Lumi-  
neszenz-Konversionselementen nach dem Oberbe-  
griff des Patentanspruchs 1.

## Stand der Technik

[0002] Halbleiter-Bauelemente mit einem Lumines-  
zenz-Konversionselement sind beispielsweise aus  
der Druckschrift W097/50132 bekannt. Hierin ist ein  
strahlungsemitte-ndes Halbleiter-Bauelement mit  
einem Halbleiterkörper gezeigt, der von einem Ver-  
guß umhüllt ist, in dem ein Lumineszenz-Konversi-  
onselement in Form eines Leuchtstoffs bzw. eines  
Leuchtstoffpulvers verteilt ist. Beispielsweise kann  
der Halbleiterkörper in der Ausnehmung eines Ge-  
häuses angeordnet sein, die mit dem das Lumines-  
zenz-Konversionselement enthaltenden Verguß ge-  
füllt ist.

[0003] Das Lumineszenz-Konversionselement  
emittiert bei Anregung mit dem von dem Halbleiter-  
körper emittierten Licht Licht einer anderen Wellen-  
länge. Derartige Halbleiter-Bauelemente eignen sich  
insbesondere zur Erzeugung von mischfarbigem  
Licht, das sich aus dem von dem Halbleiterkörper ab-  
gestrahlten Licht und dem von dem Lumines-  
zenz-Konversionselement emittierten Licht zusam-  
mensetzt.

[0004] Prinzipiell können bei solchen Halblei-  
ter-Bauelementen auch Halbleiterkörper eingesetzt  
werden, die im ultravioletten Spektralbereich emittie-  
ren. Zur Erzeugung von mischfarbig sichtbarem Licht  
sind dabei eine Mehrzahl verschiedener Lumines-  
zenz-Konversionselemente, also mindestens zwei  
verschiedene Lumineszenz-Konversionselemente  
mit unterschiedlicher Emissionswellenlänge nötig, da  
die ultraviolette Strahlung des Halbleiterkörpers  
selbst keinen sichtbaren Farbbeitrag leistet. Vorteil-  
haft wäre insbesondere die Verwendung von drei Lumi-  
neszenz-Konversionselementen, wovon eines im  
roten, eines im grünen und eines im blauen Spektral-  
bereich emittiert. Die gewünschte Mischfarbe des  
emittierten Lichts kann mittels der Mengenverhältnis-  
se der Lumineszenz-Konversionselemente einge-  
stellt werden.

[0005] Allerdings können bei Verwendung mehrerer  
verschiedener Lumineszenz-Konversionselemente  
Mehrfachkonversionen auftreten. Beispielsweise kann  
bei der genannten Verwendung von drei Lumines-  
zenz-Konversionselementen das zunächst in Blaue  
konvertierte Licht von den anderen Lumines-  
zenz-Konversionselementen in längerwelliges rotes  
oder grünes Licht konvertiert werden. Insgesamt wird  
hierdurch der Blauanteil des insgesamt emittierten  
Lichts reduziert bzw. der Farbort des Mischlichts ins  
Grüne oder Gelbe verschoben.

[0006] Um dies zu vermeiden, kann der Anteil des  
Lumineszenz-Konversionselements mit Emission im

Blauen erhöht werden. Dies führt in der Regel insge-  
samt zu einer geringeren Lichtausbeute. Alternativ  
könnte zur Anhebung des Blauanteils bei dem emitt-  
tierten Licht statt des entsprechenden Lumines-  
zenz-Konversionselements ein zusätzlicher Halblei-  
terkörper mit einer Emission im blauen Spektralbe-  
reich eingesetzt werden. Schließlich wäre es auch  
möglich, zwei ultraviolett emittierende Halbleiterkör-  
per zu verwenden, wovon der eine mit den Lumines-  
zenz-Konversionselementen mit Emission im roten  
und grünen Spektralbereich und der andere mit dem  
Lumineszenz-Konversionselement mit Emission im  
blauen Spektralbereich beschichtet ist, so daß die  
Konversion unmittelbar am Halbleiterkörper erfolgt  
und eine nachfolgende Mehrfachkonversion weitge-  
hend vermieden wird.

[0007] Die letztgenannten beiden Möglichkeiten mit  
zwei Halbleiterkörpern erfordern jedoch einen höhe-  
ren technischen Aufwand, sind hinsichtlich der Ein-  
stellung des Farborts weniger flexibel und weisen ins-  
gesamt eine niedrigere Effizienz auf. Unter der Effizi-  
enz wird hierbei das Verhältnis von erzeugtem Licht-  
strom, bezogen auf die elektrische Betriebsleistung  
verstanden.

[0008] Allgemein tritt bei gleichzeitigem Einsatz von  
zwei oder mehr Lumineszenz-Konversionselemen-  
ten das Problem auf, daß die von dem Lumines-  
zenz-Konversionselement mit der kleinsten Emissi-  
onswellenlänge emittierte Strahlung von den ande-  
ren Lumineszenz-Konversionselementen absorbiert  
und in längerwellige Strahlung konvertiert wird, so  
daß insgesamt der Anteil der kurzwelligen Strahlung  
zugunsten der längerwelligen Strahlung reduziert  
wird.

## Aufgabenstellung

[0009] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung,  
ein Halbleiter-Bauelement der genannten Art mit min-  
destens zwei Lumineszenz-Konversionselementen  
zu entwickeln, bei dem eine mehrfache Konversion  
und eine damit einhergehende Verringerung der Effi-  
zienz vermieden wird. Insbesondere soll ein Halblei-  
ter-Bauelement mit mindestens zwei, vorzugsweise  
drei Lumineszenz-Konversionselementen geschaf-  
fen werden, das mischfarbiges Licht mit einer mög-  
lichst hohen Effizienz erzeugt.

[0010] Diese Aufgabe wird durch ein strahlungse-  
mitte-ndes Halbleiter-Bauelement mit den Merkma-  
len des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Wei-  
terbildungen der Erfindung sind Gegenstand der ab-  
hängigen Ansprüche.

[0011] Erfindungsgemäß ist ein strahlungsemitte-  
ndes Halbleiter-Bauelement mit einem Halbleiter-  
körper, der Strahlung mit einer Wellenlänge  $\lambda_0$  gene-  
riert, vorgesehen, wobei dem Halbleiterkörper in Ab-  
strahlungsrichtung eine Mehrzahl von Schichten  
nachgeordnet ist, die jeweils mindestens ein Lumi-  
neszenz-Konversionselement enthalten, das bei An-  
regung mit der Wellenlänge  $\lambda_0$  Strahlung einer ande-

ren Wellenlänge emittiert. Dabei sind die Schichten so nacheinander angeordnet, daß jeweils die Emissionswellenlänge des Lumineszenz-Konversionselements einer Schicht größer ist als die Emissionswellenlänge des Lumineszenz-Konversionselement der in Abstrahlungsrichtung nachfolgenden Schicht. Unter der Emissionswellenlänge ist jeweils die Wellenlänge der von dem Lumineszenz-Konversionselement emittierten Strahlung, insbesondere die Wellenlänge maximaler Strahlungsintensität im Emissionsspektrum des Lumineszenzkonversionselements, zu verstehen.

[0012] Durch die genannte Anordnung der Schichten erfolgt in Abstrahlungsrichtung gesehen zunächst die Konversion in langwellige Strahlung und erst in den nachfolgenden Schichten die Konversion in kürzerwellige Strahlung. Da die Konversion von Strahlung in kürzwelligere Strahlung (up-conversion) energetisch wesentlich ungünstiger und damit unwahrscheinlicher ist als die Konversion in längerwellige Strahlung (down-conversion), wird durch die erfindungsgemäße Anordnung der Schichten eine Mehrfachkonversion und damit eine Verminderung des kurzwelligen Strahlungsanteils bei dem emittierten Licht insgesamt vermieden. In der Folge wird eine höhere Effizienz bei einem derartigen erfindungsgemäßen Halbleiter-Bauelement erreicht.

[0013] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung können in einer Schicht auch zwei oder mehr Lumineszenz-Konversionselemente enthalten sein, wobei deren Emissionswellenlängen jeweils größer sind als die Emissionswellenlänge des Lumineszenz-Konversionselements der in Abstrahlungsrichtung nachfolgenden Schicht. Sollte die letztgenannte, in Abstrahlungsrichtung nachfolgende Schicht ebenfalls eine Mehrzahl von Lumineszenz-Konversionselementen enthalten, so ist bei dieser bezüglich der Reihenfolge der Schichten die größte Emissionswellenlänge der Lumineszenz-Konversionselemente maßgebend.

[0014] Diese Weiterbildung ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn bei den in einer Schicht enthaltenen Lumineszenz-Konversionselementen eine mehrfache Konversion vernachlässigbar oder nicht möglich ist. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn die Emissionswellenlänge nahe beieinander liegen und deutlich größer sind als die zur Anregung der Lumineszenz-Konversionselemente erforderliche Wellenlänge. Auf diese Weise wird bei gegebener Anzahl von Lumineszenz-Konversionselementen die Anzahl der hierfür benötigten Schichten reduziert und damit der Aufwand zur Herstellung eines entsprechenden Bauelements gesenkt.

[0015] Vorzugsweise liegt bei der Erfindung die Wellenlänge der von dem Halbleiterkörper emittierten Strahlung im ultravioletten Spektralbereich. Hierfür eignen sich insbesondere Halbleiterkörper auf der Basis von Nitridverbindungen. Unter Nitridverbindungen sind insbesondere Halbleiter zu verstehen, die eine Nitridverbindung von Elementen

der dritten und/oder fünften Hauptgruppe des Periodensystems der chemischen Elemente wie beispielsweise GaN, AlN, InN, InGaN, AlGaIn oder AlInGaIn enthalten.

[0016] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung, die sich vor allem zur Erzeugung von mischfarbigem Licht eignet, liegt die Emissionswellenlänge des Lumineszenz-Konversionselements in einer der Schichten im gelben oder roten Spektralbereich.

[0017] Vorzugsweise ist der Schicht, die ein Lumineszenz-Konversionselement mit einer Emissionswellenlänge im gelben oder roten Spektralbereich enthält, in Abstrahlungsrichtung eine Schicht mit einem Lumineszenz-Konversionselement mit einer Emissionswellenlänge im grünen Spektralbereich nachgeordnet. Durch die genannte Reihenfolge der Schichten wird eine unerwünschte Mehrfachkonversion der vom Halbleiterkörper erzeugten Strahlung in den grünen und nachfolgenden den roten Spektralbereich vermieden.

[0018] Bevorzugt ist der Schicht, die ein Lumineszenz-Konversionselement mit einer Emissionswellenlänge im grünen Spektralbereich enthält, in Abstrahlungsrichtung eine Schicht mit einem Lumineszenz-Konversionselement mit einer Emissionswellenlänge im blauen Spektralbereich nachgeordnet. Wiederum wird durch die genannte Anordnung eine Mehrfachkonversion der von dem Halbleiterkörper emittierten Strahlung ins Blaue und nachfolgend in einen längerwelligen Spektralbereich vermieden.

[0019] Die genannte Weiterbildung der Erfindung mit drei Lumineszenz-Konversionselementen, deren Emissionswellenlängen im roten, grünen und blauen Spektralbereich liegen, eignet sich insbesondere zur Erzeugung von mischfarbigem Licht, wobei durch die Farben rot, grün und blau im Farbraum ein Farbdreieck aufgespannt wird, das den Farbraum zu großen Teilen abdeckt. Die gewünschte Mischfarbe kann dabei in weiten Grenzen durch die Mengenverhältnisse der Lumineszenz-Konversionselemente eingestellt werden. Eine Überschußzugabe der Lumineszenz-Konversionselemente mit den kürzeren Emissionswellenlängen ist nicht erforderlich, da Mehrfachkonversionen vorteilhaft unterdrückt werden.

[0020] Bei einer Variante der Erfindung mit drei Lumineszenz-Konversionselementen mit Emissionswellenlängen im roten, grünen und blauen Spektralbereich sind die beiden erstgenannten Lumineszenz-Konversionselemente mit den längeren Emissionswellenlängen in einer gemeinsamen Schicht angeordnet. Es hat sich gezeigt, daß bei gewissen Lumineszenz-Konversionselementen mit Emissionswellenlängen vom roten bis zum grünen Spektralbereich Mehrfachkonversionen nur geringfügig auftreten und in Kauf genommen werden können. Dies gilt in der Regel nicht für Lumineszenz-Konversionselemente mit Emissionswellenlängen im blauen Spektralbereich.

[0021] Vorzugsweise sind bei der Erfindung die Schichten mittels einer Einbettungsmasse gebildet,

se in Form einer Fensterschicht, auf, mit der der Halbleiterkörper 2 auf den Grund der Ausnehmung, z. B. einen entsprechend eingebetteten Leiterraum (nicht dargestellt), montiert ist. Auf den Sockel bzw. die Fensterschicht sind mehrere Halbleiterschichten, insbesondere eine oder mehrere aktive Schichten zur Strahlungserzeugung 9 aufgebracht. Oberseitig ist der Halbleiterkörper mittels eines Bond-Drahts 7 kontaktiert.

[0039] Der Sockel des Halbleiterkörpers 8 weist Schrägflächen 16 auf, die schräg zur Schichtebene der Halbleiterschichten angeordnet sind und die in einem gewissen Abstand in zu den Halbleiterschichten senkrechte Seitenflächen übergehen. Durch diese Gestaltung des strahlungsdurchlässigen Sockels wird eine vorteilhaft hohe Strahlungsauskopplung aus der aktiven Schicht erzielt, da durch die Schrägstellung der Seitenflächen in der Nähe der aktiven Schichten eine die Strahlungsauskopplung aus dem Sockel verhin-dernde Totalreflexion vermieden wird.

[0040] In der den Halbleiterkörper umgebenden ersten Schicht 3a ist ein Lumineszenz-Konversionselement 4a verteilt, das bei Anregung mit der von dem Halbleiterkörper emittierten Strahlung mit der Wellenlänge  $\lambda_0$  Strahlung einer größeren Wellenlänge  $\lambda_1$  emittiert. Auf diese erste Schicht 3a ist eine zweite Schicht 3b aufgebracht, in der ein weiteres Lumineszenz-Konversionselement 4b enthalten ist, das bei Anregung mit der von dem Halbleiterkörper emittierten Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_0$  Strahlung einer anderen Wellenlänge  $\lambda_2$  emittiert, wobei erfindungsgemäß die Wellenlänge  $\lambda_2$  kleiner als die Wellenlänge  $\lambda_1$  ist.

[0041] Wiederum wird dadurch, daß die Schicht mit dem Lumineszenz-Konversionselement mit der kürzeren Wellenlänge der Schicht mit dem längerwellig emittierenden Lumineszenz-Konversionselement nachgeordnet ist, vermieden, daß eine Mehrfachkonversion von der Wellenlänge  $\lambda_0$  über die Wellenlänge  $\lambda_2$  in die längere Wellenlänge  $\lambda_1$  stattfindet.

[0042] In Fig. 3 ist ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung im Schnitt schematisch dargestellt. Gegenüber dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel sind in der ersten Schicht 3a, die an den Halbleiterkörper 2 angrenzt und diesen teilweise umhüllt, zwei Lumineszenz-Konversionselemente 4a und 4a' enthalten, die verschiedene Emissionswellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_1'$  aufweisen. Beispielsweise kann das eine Lumineszenz-Konversionselement 4a eine Emissionswellenlänge  $\lambda_1$  im roten Spektralbereich und das andere Lumineszenz-Konversionselement 4a' eine Emissionswellenlänge  $\lambda_1'$  im grünen Spektralbereich aufweisen. Es hat sich gezeigt, daß bei derartigen Lumineszenz-Konversionselementen eine mehrfache Konversion der von dem Halbleiterkörper emittierten Strahlung über die Wellenlänge  $\lambda_1$  zur Wellenlänge  $\lambda_1$  sich in tolerablen Grenzen hält.

[0043] In der in Abstrahlungsrichtung nachgeordneten zweiten Schicht 3b ist ein weiteres Lumineszenz-Konversionselement 4b enthalten, dessen

Emissionswellenlänge  $\lambda_2$  deutlich kürzer ist als die Emissionswellenlängen  $\lambda_1$  bzw.  $\lambda_1'$  und beispielsweise im blauen Spektralbereich liegen kann.

[0044] Als Farbstoff eignet sich beispielsweise für das im roten Spektralbereich emittierende Lumineszenz-Konversionselement Nitridosilikat TF55/02, für das im grünen Spektralbereich emittierende Lumineszenz-Konversionselement Thiogallat LL470s und für das im blauen Spektralbereich emittierende Lumineszenz-Konversionselement SCAP OSI 247.

[0045] Durch die Nachordnung der zweiten Schicht 3b mit dem Lumineszenz-Konversionselement mit der kürzesten Emissionswellenlänge wird insbesondere vermieden, daß bei einem ultravioletten emittierenden Halbleiterkörper die Strahlung zweifach, nämlich zunächst in den blauen und nachfolgend in den roten Spektralbereich konvertiert wird, wobei der Blauanteil der insgesamt emittierten Strahlung vermindert und die Effizienz des Bauelements verringert wird.

[0046] Das in Fig. 4 gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel darin, daß die einzelnen Schichten 3a, 3b, 3c nach Art einer Beschichtung auf den Halbleiterkörper 2 aufgebracht sind. Dabei hüllt die an den Halbleiterkörper grenzende Schicht den Halbleiterkörper 2 ein, die in Ausstrahlungsrichtung nachfolgenden Schichten umhüllen jeweils die darunterliegende Schicht. Diese Ausgestaltung besitzt den Vorteil, daß die optischen Weglängen in den einzelnen Schichten für verschiedene Ausstrahlungsrichtungen annähernd gleich sind. Damit wird für für verschiedene Ausstrahlungsrichtungen in etwa derselbe Konversionsgrad erreicht und in der Folge ein räumlich besonders homogener Farbeindruck hervorgerufen.

[0047] In Fig. 5 sind die Emissionsspektren verschiedener Leuchtstoffe, die sich insbesondere für die jeweiligen Lumineszenz-Konversionselemente bei der Erfindung, etwa bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel, eignen. Aufgetragen ist jeweils die Intensität der emittierten Strahlung in Abhängigkeit der Wellenlänge bei Anregung mit einer Wellenlänge  $\lambda_0$  von 405 nm.

[0048] Das Spektrum des Leuchtstoffs SCAP OSI 247 für ein blau emittierendes Lumineszenz-Konversionselement mit einer Emissionswellenlänge von etwa 440 nm ist durch die Kurve 10 dargestellt. Das Maximum bei der Wellenlänge  $\lambda_0$  ist dabei auf Streuprozesse zurückzuführen und nicht dem eigentlichen Emissionsspektrum des Leuchtstoffs zuzurechnen, da diesem Intensitätsmaximum kein Konversionsprozeß zugrunde liegt.

[0049] In entsprechender Weise gibt die Kurve 11 das Emissionsspektrum des Leuchtstoffs Thiogallat LL470S mit einem Emissionsmaximum im grünen Spektralbereich bei etwa 550 nm wieder. Die Kurve 12 zeigt ein Spektrum des Leuchtstoffs Nitridosilikat TF55/02 mit einem Emissionsmaximum  $\lambda_1$  im roten Spektralbereich bei etwa 620 nm.

[0050] Bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbei-

in der das betreffende Lumineszenz-Konversionselement bzw. die Lumineszenz-Konversionselemente verteilt sind. Als Einbettungsmasse eignet sich insbesondere ein Reaktionsharz wie beispielsweise ein Epoxidharz, ein Acrylharz oder ein Silikonharz oder einer Mischung dieser Harze. Dabei kann die dem Halbleiterkörper nächstliegende Schicht so ausgebildet sein, daß sie an den Halbleiterkörper angrenzt und diesen teilweise umhüllt. Damit wird ein besonders kompakter Aufbau erreicht, wobei durch die Schichten mit Lumineszenz-Konversionselementen zugleich ein Schutz für den Halbleiterkörper gebildet ist.

[0022] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist das Halbleiter-Bauelement ein Gehäuse mit einer Ausnehmung auf, deren Wände als Reflektor für die erzeugte Strahlung dienen können. Der Halbleiterkörper sowie die nachgeordneten Schichten mit Lumineszenz-Konversionselementen sind dabei innerhalb der Ausnehmung angeordnet.

[0023] Alternativ kann der Halbleiterkörper auch auf einem Leiterrahmen montiert sein, wobei die Schichten den Halbleiterkörper umhüllen und somit gleichzeitig ein Gehäuse für den Halbleiterkörper bilden.

#### Ausführungsbeispiel

[0024] Weitere Merkmale, Vorzüge und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Fig. 1 bis 5.

[0025] Es zeigen:

[0026] Fig. 1 eine schematische Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiter-Bauelements,

[0027] Fig. 2 eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiter-Bauelements,

[0028] Fig. 3 eine schematische Schnittansicht eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiter-Bauelements,

[0029] Fig. 4 eine schematische Schnittansicht eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiter-Bauelements,

[0030] Fig. 5 eine schematische Darstellung von Emissionsspektren von Leuchtstoffen, die sich für die Erfindung besonders eignen und

[0031] Fig. 6 die schematische Darstellung eines Emissionsspektrums eines fünften Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiter-Bauelements.

[0032] Gleiche oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0033] Das in Fig. 1 gezeigte erste Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiter-Bauelements weist einen Träger 1 auf, auf dem ein Halbleiterkörper 2 angeordnet ist. Dem Halbleiterkörper sind in Abstrahlungsrichtung mehrere Schichten 3 – dargestellt sind drei Schichten 3a, 3b, 3c – nachgeordnet,

in denen jeweils ein Lumineszenz-Konversionselement 4a, 4b, 4c mit jeweils unterschiedlicher Emissionswellenlängen verteilt ist.

[0034] Die Lumineszenz-Konversionselemente werden jeweils durch die von dem Halbleiterkörper emittierte Strahlung der Wellenlänge  $\lambda_0$  angeregt und emittieren Strahlung einer anderen Wellenlänge  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ . Die Schichten 3a, 3b, 3c mit den darin enthaltenen Lumineszenz-Konversionselementen 4a, 4b, 4c sind dabei so angeordnet, daß die Wellenlänge der von den Lumineszenz-Konversionselementen 4a, 4b, 4c emittierte Strahlung  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  in Abstrahlungsrichtung gesehen mit zunehmendem Abstand vom Halbleiterkörper abnimmt. Es wird also in der dem Halbleiterkörper am nächsten liegenden Schicht 3a, die den Halbleiterkörper auch teilweise umhüllt, mittels des Lumineszenz-Konversionselements 4a die Strahlung mit der längsten Wellenlänge  $\lambda_1$  erzeugt. Die der Schicht 3a in Abstrahlungsrichtung nachgeordnete Schicht 3b enthält ein Lumineszenz-Konversionselement 4b, das Strahlung mit der Wellenlänge  $\lambda_2$  emittiert, die kleiner als die Wellenlänge  $\lambda_1$  ist.

[0035] Beispielsweise kann in der Schicht 3a ein Lumineszenz-Konversionselement mit einer Emissionswellenlänge im roten Spektralbereich und in der nachfolgenden Schicht 3b ein Lumineszenz-Konversionselement mit einer Emissionswellenlänge im kürzerwelligen grünen Spektralbereich enthalten sein.

[0036] Weitergehend ist in Abstrahlungsrichtung bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel auf die zweite Schicht 3b eine dritte Schicht 3c aufgebracht, in der ein Lumineszenz-Konversionselement enthalten ist, das bei einer noch kürzeren Wellenlänge  $\lambda_3$  emittiert. Dies kann beispielsweise ein Lumineszenz-Konversionselement mit einer Emissionswellenlänge im blauen Spektralbereich sein.

[0037] Ein derartiges Halbleiterbauelement erzeugt mischfarbiges Licht mit den Farbkomponenten Rot, Grün und Blau entsprechend den Wellenlängen  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ . Der Farbort des emittierten mischfarbigen Lichts kann durch die Mengenverhältnisse der Lumineszenz-Konversionselemente festgelegt werden, wobei vorteilhafterweise eine Änderung der Wellenlänge  $\lambda_0$  der von dem Halbleiterkörper emittierten Strahlung sowie dessen sonstige optische Parameter hierzu nicht geändert werden müssen. Selbstverständlich können im Rahmen der Erfindung auch nur zwei Schichten oder mehr als drei Schichten vorgesehen sein.

[0038] In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung im Schnitt schematisch dargestellt. Im Gegensatz zu dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel weist das Halbleiter-Bauelement hier ein Gehäuse 5 mit einer Ausnehmung 6 auf, in der der Halbleiterkörper 2 sowie eine den Halbleiterkörper umgebende Schicht 3a und eine in Abstrahlungsrichtung nachgeordnete Schicht 3b angeordnet sind. Der Halbleiterkörper 2 weist einen Sockel 8, beispielsweise

spiel können insbesondere die beiden letztgenannten Leuchtstoffe mit den Emissionsspektren 11 und 12 in der den Halbleiterkörper 2 umgebenden Schicht 3a eingebracht sein, während der im Blauen emittierende Leuchtstoff SCAP OSI 247 für das Lumineszenz-Konversionselement 4b in der nachgeordneten Schicht 3b verteilt wird.

[0051] Insbesondere kann mit einem derartigen Bauelement bei entsprechender Gewichtung der Mengenverhältnisse der einzelnen Leuchtstoffe ein Bauelement hergestellt werden, das weißes Licht emittiert. Das Spektrum der von einem solchen Bauelement insgesamt erzeugten Strahlung ist schematisch in Fig. 6 dargestellt. Aufgetragen ist die Intensität der erzeugten Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge  $\lambda$ . Das kurzwelligste Maximum 13 des Spektrum tritt bei der Wellenlänge  $\lambda_0$  der von dem Halbleiterkörper emittierten Strahlung auf und berührt auf Streuprozessen an den einzelnen Lumineszenz-Konversionselementen sowie dem Anteil der Strahlung des Halbleiterkörpers, die unkonvertiert durch die einzelnen Schichten propagiert. Dieser Anteil des Spektrums liegt im ultravioletten Spektralbereich und leistet keinen Beitrag zur Farbmischung des abgestrahlten Lichts.

[0052] Das in Richtung größer werdender Wellenlängen folgende Maximum 14 ist dem blauen Leuchtstoff SCAP OSI 247 mit einem Maximum bei etwa 440 nm zuzuordnen, das dritte Maximum 15 mit der größten Wellenlänge ergibt sich aus einer Überlagerung der Spektren der genannten anderen beiden Leuchtstoffe Nitridosilikat TF55/02 und Thiogallat LL470s, die zu einem gemeinsamen Maximum 15 verschmelzen.

[0053] Die Mengenverhältnisse der Leuchtstoffe sind so gewählt, daß das mischfarbige Licht den Farbeindruck weißen Lichts hervorruft. Weiß wird hierbei auch als Farbe betrachtet. Der Farbort des gezeigten Ausführungsbeispiels liegt bei  $x = 0,337$ ,  $y = 0,37$ . Mit einem derartigen Bauelement wird eine vergleichsweise hohe Effizienz bis zu 20 lm/W erreicht.

[0054] Die Erläuterung der Erfindung anhand der gezeigten Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Beschränkung der Erfindung hierauf zu verstehen. Vielmehr können einzelne Aspekte der gezeigten Ausführungsbeispiele im Rahmen der Erfindung weitgehend frei kombiniert werden.

#### Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement mit einem Halbleiterkörper (2), der Strahlung mit einer Wellenlänge  $\lambda_0$  emittiert, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Halbleiterkörper (2) in Abstrahlungsrichtung eine Mehrzahl von Schichten (3) nachgeordnet ist, die jeweils mindestens ein Lumineszenz-Konversionselement (4) enthalten, das bei Anregung mit der Wellenlänge  $\lambda_0$  Strahlung einer anderen Wellenlänge emittiert, wobei die Schichten so nacheinander angeordnet sind, daß jeweils die Wel-

lenlänge der von dem Lumineszenz-Konversionselement (4) einer Schicht (3) emittierten Strahlung größer ist als die Wellenlänge der Strahlung, die von dem Lumineszenz-Konversionselement (4) der in Abstrahlungsrichtung nachfolgenden Schicht (3) emittiert wird.

2. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Schicht (3) zwei oder mehr Lumineszenz-Konversionselemente (4a, 4a') enthält, deren Emissionswellenlängen jeweils größer sind als die Emissionswellenlängen des Lumineszenz-Konversionselements (4b) der in Abstrahlungsrichtung folgenden Schicht (3b).

3. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenlänge  $\lambda_0$  der von dem Halbleiterkörper (2) emittierten Strahlung im ultravioletten oder blauen Spektralbereich liegt.

4. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß die Emissionswellenlänge des Lumineszenz-Konversionselements (4a) in einer der Schichten (3a) im gelben oder roten Spektralbereich liegt.

5. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (3a), die ein Lumineszenz-Konversionselement (4a) mit einer Emissionswellenlänge im gelben oder roten Spektralbereich enthält, ein weiteres Lumineszenz-Konversionselement (4a') mit einer Emissionswellenlänge im grünen Spektralbereich enthält.

6. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß derjenigen Schicht (3a), die ein Lumineszenz-Konversionselement (4a) mit einer Emissionswellenlänge im gelben oder roten Spektralbereich enthält, in Abstrahlungsrichtung eine Schicht (3b) mit einem Lumineszenz-Konversionselement (4b) mit einer Emissionswellenlänge im grünen Spektralbereich nachgeordnet ist.

7. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß derjenigen Schicht (3a, 3a'), die ein Lumineszenz-Konversionselement (4a, 4a') mit einer Emissionswellenlänge im grünen Spektralbereich enthält, in Abstrahlungsrichtung eine Schicht (3b) mit einem Lumineszenz-Konversionselement (4b) mit einer Emissionswellenlänge im blauen Spektralbereich nachgeordnet ist.

8. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch ge-

kennzeichnet, daß der Halbleiterkörper einen Nitrid-  
verbindungsHalbleiter enthält.

9. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleiter-Bauelement einen Reflektor aufweist, wobei der Halbleiterkörper (2) und die nachgeordneten Schichten (3) zumindest teilweise innerhalb des Reflektors angeordnet sind.

10. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der Schichten (3) als Einbettungsmasse für das Lumineszenz-Konversionselement bzw. die Lumineszenz-Konversionselemente (4) ein Epoxydharz, ein Silikonharz, ein Acrylharz oder eine Mischung dieser Harze enthält.

11. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterkörper (2) von der am nächsten liegenden Schicht (3a) zumindest teilweise umhüllt wird und vorzugsweise unmittelbar an diese Schicht (3a) angrenzt.

12. Strahlungsemittierendes Halbleiter-Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß es im Betrieb mischfarbiges Licht abstrahlt, das insbesondere den Farbeindruck weißen Lichts hervorruft.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

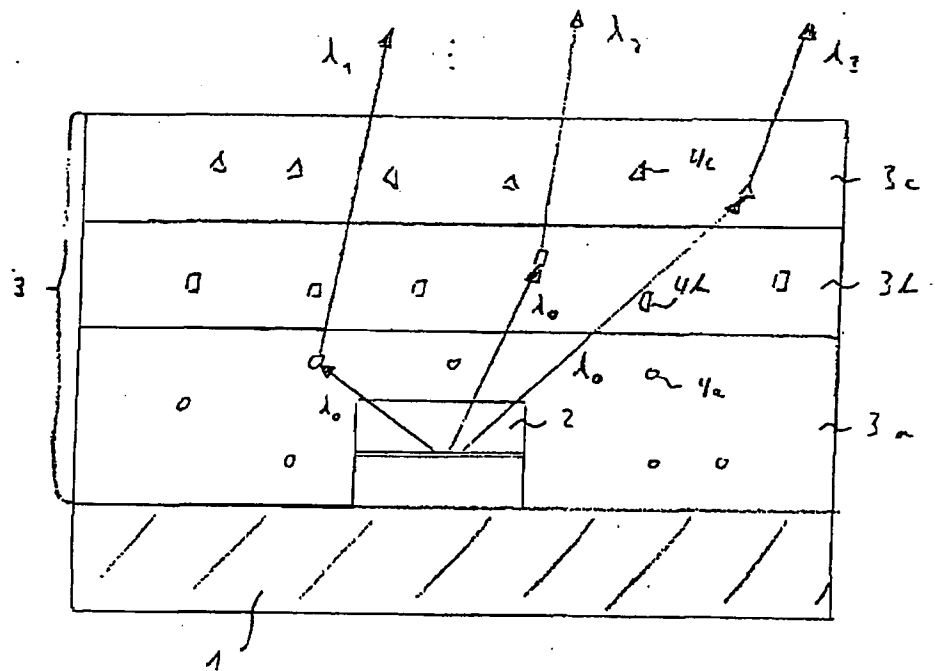




FIG 2

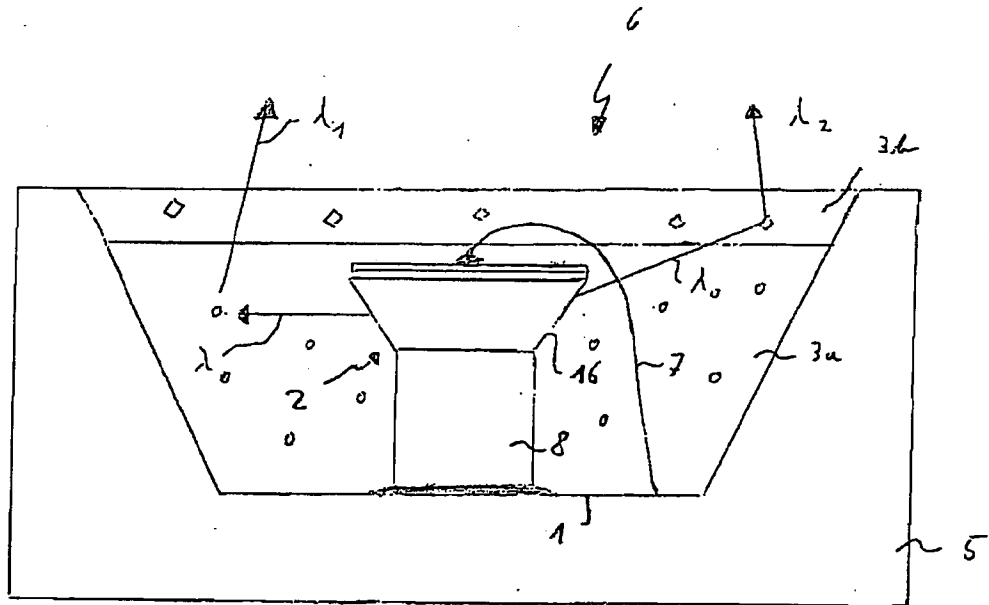


FIG 3

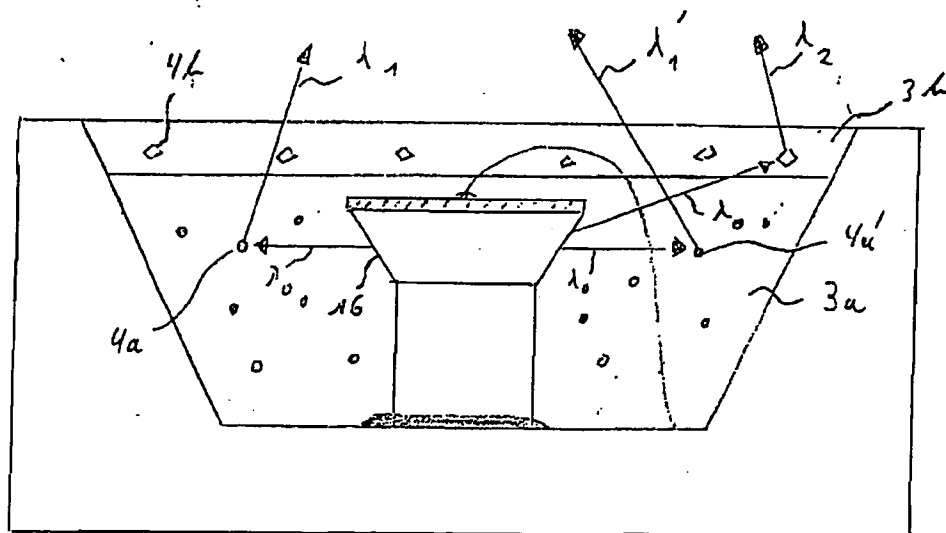


Fig 4

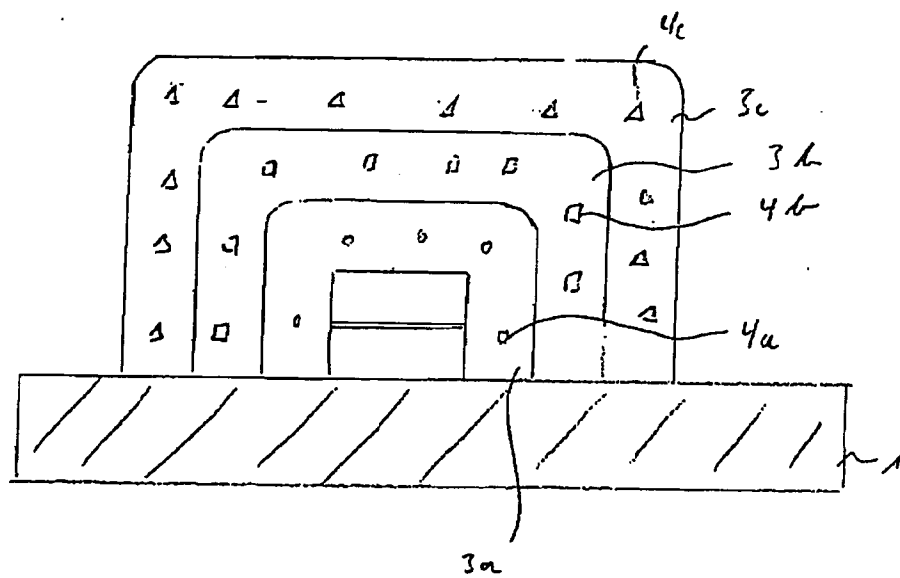


FIG 5

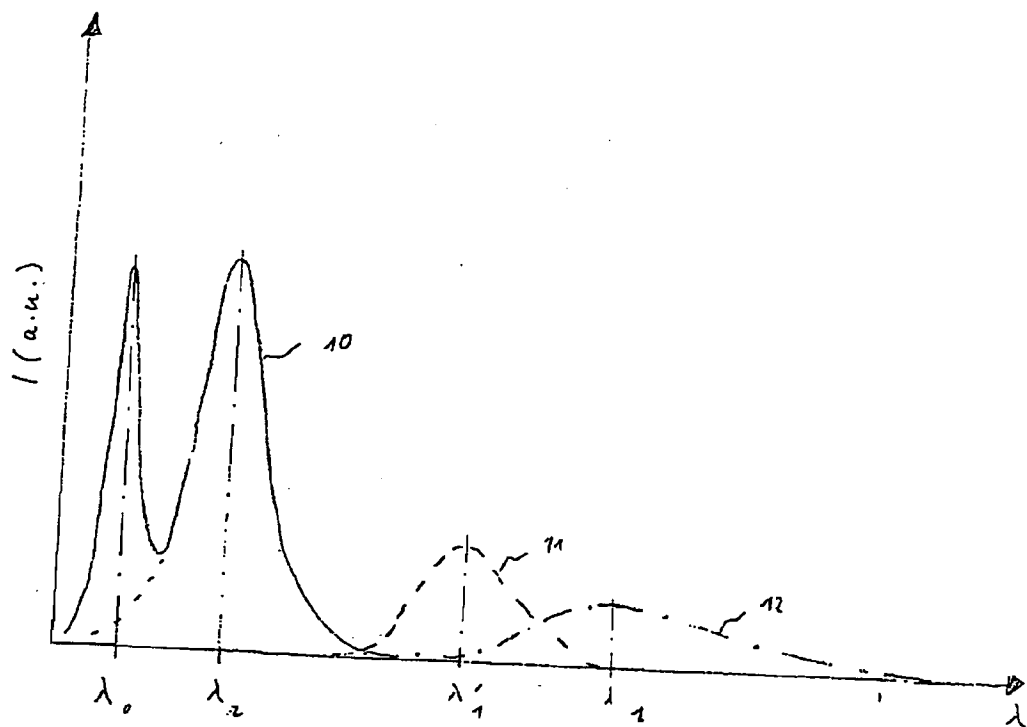
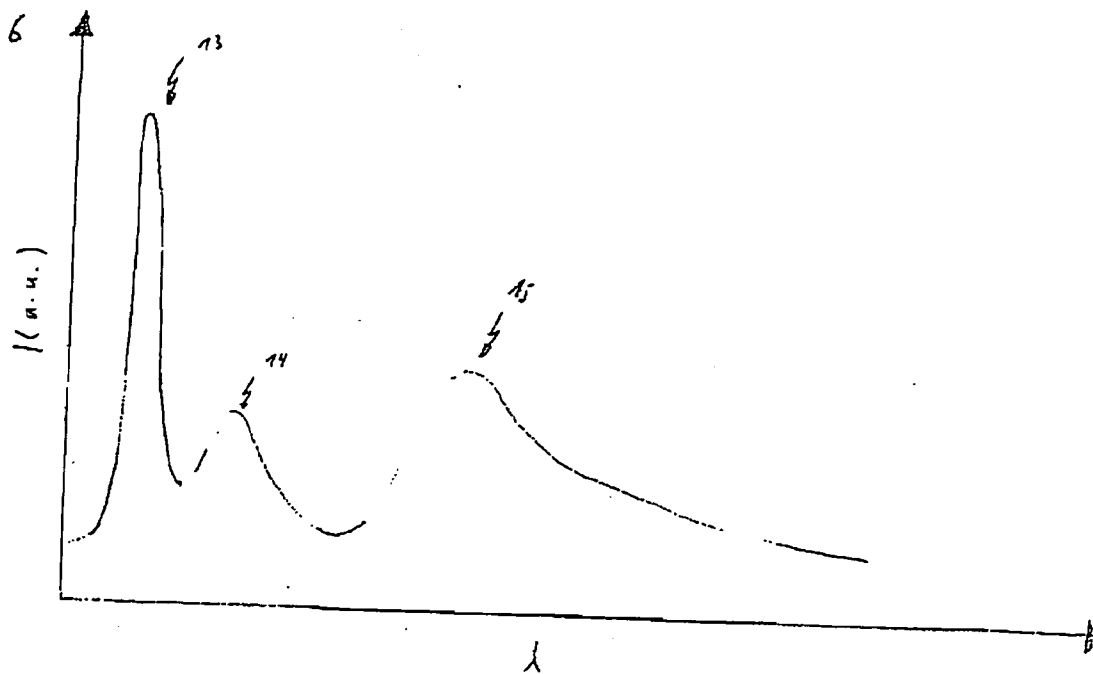


FIG 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**